



# **KATTORAKENTTEEN KIINNITYS**

Laskentapohja

Jyrki Männistö

Opinnäytetyö  
Syyskuu 2014  
Rakennustekniikka  
Talonrakennustekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Talorakennustekniikka

JYRKI MÄNNISTÖ:  
Kattorakenteen kiinnitys  
Laskentapohja

Opinnäytetyö 36 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Syyskuu 2014

---

Opinnäytetyössä tehdään laskentapohja kattorakenteen ja runkorakenteen liitoksen kiinnityksen laskemiseksi Excel-ohjelmistolla tilaajayrityksen suunnittelijoiden käyttöön. Laskentapohjasta laaditaan käyttöohje sekä laskentaesimerkki. Laskentapohjassa otetaan huomioon eri kiinnitystapauksia, kuten NR-ristikon kiinnitys rakennuksen runkoon sekä katoksen kattovasan kiinnitys runkorakenteisiin.

Työn alussa kerrotaan yleisesti NR-rakenteista sekä muista kattorakennevaihtoehdoista, joita esimerkiksi katoksissa käytetään. Rakenteet ovat hyvin yleisiä Suomessa ja niiden kiinnitykseen on olemassa valmistajakohtaisia ohjeita, mutta yksinkertainen ja suunnittelijoiden työtä helpottava laskuväline puuttuu.

Kuormitukset lasketaan Eurokoodi 1:n mukaan ja puurakenteiden liitokset Eurokoodi 5:n ohjeiden mukaan. Laskentapohjan valittavissa olevat kiinnikkeet on valittu tunnetun ja paljon käytetyn teräskiinnikkeitä valmistavan Simpsonin tuoteluettelosta. Tuoteluettelon kestävyysarvot on ilmoitettu Eurokoodi 5 mukaisesti.

Laskentapohja soveltuu sekä harja- ja pulpettikattoisen suorakaiteen muotoisen rakennuksen NR-ristikon että katoksen kattovasan kiinnityksen laskentaan kulmalevyjä hyväksikäyttäen. NR-ristikoita ei saa kiinnittää vinoruuvauksella, joten sitä vaihtoehtoa laskentapohjassa ei ole edes mukana.

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Degree programme of Civil Engineering  
Option of structural Engineering

**JYRKI MÄNNISTÖ:**

Fastening of roof structure  
Excel-software

Bachelor's thesis 36 pages, appendices 2 pages  
September 2014

---

The main purpose of this bachelor's thesis is to create Excel-software for calculating the joint of the roof structure and frame structure for client company's designers. There is written report and an example calculation in this thesis. The calculation takes into account different mounting cases, such as truss mounting to frame of the building and the roof joist roof mounting to frame structures.

The thesis begins with general information about the truss structures, as well as other roof structure options that are available such as outdoor sheds are used. The structures are very common in Finland and for securing them there is a vendor specific instructions, but simple and easy calculation tool is missing.

Loads are calculated according to Eurocode 1 and wooden joints according to Eurocode 5 instructions. All selectable fasteners are selected from well-known and much used steel fastener manufacturer the Simpson catalog.

Calculation tool is suitable for both one slope trusses and pitched roof trusses.

---

Key words: roof truss, fastening, wood structure, angle plate, designing

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	NAULALEVYRISTIKKO.....	7
2.1	Ominaisuudet .....	7
2.2	Käyttökohteet.....	8
2.3	Tyypilliset liitokset .....	9
3	KUORMITUKSET .....	10
3.1	Vakavuutta parantavat kuormitukset .....	10
3.2	Vakavuutta heikentävät kuormitukset .....	11
4	TUULIMITOITUS .....	12
4.1	Harjakaton painekertoimet.....	12
4.2	Pulpettikaton painekertoimet .....	15
4.3	Avoimen katoksen painekertoimet .....	18
4.4	Tuulen nopeuspaine .....	18
5	KIINNIKETYYPIT .....	20
5.1	Ruuvit.....	20
5.2	Naulat.....	21
5.3	Kulmalevyt.....	22
5.4	Vanhat kiinniketyypit .....	23
6	KIINNIKKEIDEN MITOITUS.....	24
7	LASKENTAPOHJA .....	25
7.1	Laskentapohjan yleistyksen .....	25
7.2	Laskentapohjan käyttö .....	<b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>
7.3	Lähtötiedot .....	26
7.3.1	Harja- ja pulpettikatto .....	26
7.3.2	Kattovasa.....	27
7.4	Kiinnikkeen valinta.....	27
7.5	Tuloste .....	28
8	LASKENTAESIMERKKI .....	29
9	JATKOKEHITYS .....	32
10	POHDINTA.....	33
	LÄHTEET .....	34
	LIITTEET .....	35
	Liite 1. Ristikkokaavio .....	35
	Liite 2. Laskentapohjan tulostesivu.....	36

**LYHENTEET JA TERMIT**

$C_{pe}$	ulkopuolisen paineen kerroin
$A$	vyöhykkeen pinta-ala
$R_k$	kestävyyden ominaisarvo, eli taulukkoarvo
$\gamma_M$	materiaalin osavarmuusluku
$k_{mod}$	kuorman keston ja kosteuden huomioiva muunnoskerroin
$F_{ax}$	aksiaalinen kuormitus
$F_{lat}$	poikittainen kuormitus
$R_{ax}$	aksiaalinen kestävyys
$R_{lat}$	poikittainen kestävyys

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tehdään Excel-pohjainen laskentatyökalu kattorakenteen ja runkorakenteen liitoksen kiinnityksen laskemiseksi. Laskenta pohjautuu Eurokoodi 1:n ja Eurokoodi 5:n ohjeisiin sekä teräskiinnikkeitä valmistavan Simpsonin tuoteluetteloon, joka sisältää kestävyysarvot Eurokoodi 5:n mukaisesti. Laskentapohja ottaa huomioon liitoksessa kiinnikkeeseen vaikuttavan aksiaalisen ja poikittaisen voiman. Laskentapohja perustuu ohjeiden mukaiseen kiinnikkeiden mitoittamiseen ja teoriaosuus sekä Eurokoodin ohjeisiin että Tampereen ja Helsingin rakennusvalvonnan näkökantoihin.

Laskentapohja tulee tilaajayrityksen KPM-Engineering Oy:n puurakenneosaston rakennesuunnittelijoiden käyttöön. Laskentapohjalle on ollut tarvetta jo pidempään ja se helpottaa suunnittelijoiden työtä kattorakenteen kiinnitystä valittaessa. Laskentapohja on pyritty tekemään mahdollisimman yksinkertaiseksi ja helppokäyttöiseksi, jotta sen käyttöön ei tarvitse perehtyä pitkään vaan käyttö on nopeaa ja sujuvaa.

## 2 NAULALEVYRISTIKKO

NR-ristikko on yleisesti käytetty vesikattoa kannatteleva rakenne, joka koostuu naulalevyin kolmio- tai ristikkomuotoon kiinnitetyistä lankuista. Ristikkotyyppejä on useita erilaisia ja ne suunnitellaan aina tapauskohtaisesti tarpeen ja kuormituksen mukaan.

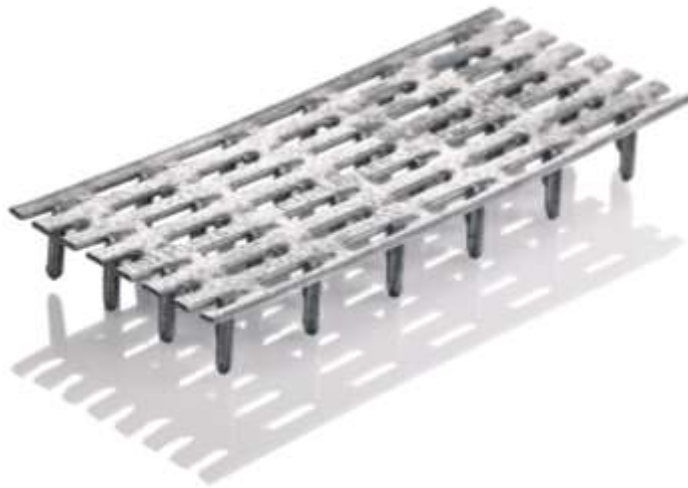


KUVA 1. NR-ristikoita. (<http://www.woodproducts.fi>)

### 2.1 Ominaisuudet

Ristikot (Kuva 1.) ovat teollisesti valmistettuja rakenteita, jotka valmistetaan mitallistestusta puutavarasta ja teräksisistä naulauslevyistä (Kuva 2.). Puutavara on lujuusluokiteltua ja valmistus tehdään koneellisesti, joten ristikot ovat kestäviä ja mittatarkkoja. Koska ne mitoitetaan aina tapauskohtaisesti, ne ovat kevyitä ja optimoituja toimimaan niille suunnitelluissa kohteissa.

Ristikot suunnitellaan kuormitettavaksi pystysuunnassa ja viemään vesikaton kuormitukset rakennuksen runkorakenteisiin ja sitä kautta perustuksille. Ristikot ovat suhteellisen hoikkia eivätkä ne kestä sivuttaista kuormitusta, joten niiden kiinnitykseen ja tukeamiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota rakenteita suunniteltaessa sekä pystyttäessä.



KUVA 2. Naulalevy (Mitek)

## 2.2 Käyttökohteet

Ristikoiden yleisimpiä käyttökohteita ovat pientalot sekä hallirakennukset, joissa jänneväli voi olla jopa 50 metriä. Koska ne ovat erittäin yleisiä rakenteita, suunnittelijalla on hyvä olla nopea työkalu sellaisen kiinnityksen laskemiseksi. Ristikkosuunnittelija määrää sivuttaiset tuennat, mutta kiinnitys rakenteisiin jää rakennesuunnittelijan vastuulle.

Liitteessä 1 on kuva ristikkokaaviosta, joka on tyypillinen pientalon NR-ristikko. NR-suunnittelija on merkinnyt kuvaan nurjahdustuettavat sauvat sekä kaiken oleellisen mitattiedon sauvoista ja niiden sijainnista. Kaaviossa näkyy myös mahdolliset lisälumi-kuormat, jotka voivat aiheutua esimerkiksi harjaan nähden poikittaisista kattorakenteista tai lähellä olevista korkeammista rakenteista, jotka kinostavat lunta. Kulkuaukot ja -luukut on myös suunniteltava etukäteen, jotta NR-suunnittelija osaa asetella sauvat niin, että ne eivät estä kulkua.



## 2.3 Tyypilliset liitokset

Yleisimmin ristikot kiinnitetään rakennuksen rungon yläsidepuuhun kulmalevyjen avulla joko naulaamalla tai ruuvaamalla. Kulmalevyjä voidaan asentaa liitokseen vain toiselle tai molemmille puolille ristikkoa kuormista riippuen. Vinonaulaus on kielletty, koska se voi lohkaista alapaarteesta palan jolloin ristikon tukipinta häviää lähes olemattomiin. Kulmarauta joudutaan kiinnittämään ristikkoon naulauslevyn läpi, sillä usein alapaarteen ja ristikon pystysauvan liitoksen naulauslevy osuu koko ristikon kannan alueelle.

Naulauslevyn läpi kiinnitys on kuitenkin yleisesti käytetty tapa, eikä Tampereen ja Helsingin rakennusvalvonnan edustajien mielestä ole väärä. Kiinnitystavan vaikutus tulee kuitenkin olla huomioituna naulauslevyn kapasiteetissa ja rei'itys tulee tehdä hallitusti esimerkiksi poraamalla. Naulauksissa pitää myös huomioida riittävät reunaetäisyydet puun lohkeamisen välttämiseksi.

Aikaisemmin ristikoiden kiinnitykseen on käytetty myös teräslankaa sekä teräsnauhaa. Näitä kiinnikkeitä ei enää käytetä uudisrakentamisessa, mutta korjausrakentamisessa näihin voi vielä törmätä.

### 3 KUORMITUKSET

Kattoristikko kantaa koko kattorakenteen omapainon ja vie sen runkorakenteisiin ja sitä kautta jäykistäville seinille sekä perustuksille. Ristikot ovat kapeita, joten tukipinnan niiden alla tulee olla tarpeeksi pitkä. Jos tukipinnan pituus ei ole riittävä, voidaan pintaa kasvattaa ristikkoon kiinnitettävillä laudoilla tai vanereilla sekä kulmalevyillä. Jos tukipintaa levitetään laudoilla tai vanerilla, tulee suunnittelijan tarkistaa lautoihin riittävä naulaus ja naulojen suuntaus, jotta kuormat siirtyvät ristikolta rungolle. Jos kulmalevyä käytetään tukipinnan levitykseen, tulee huomioida liittimiin syntyvä leikkausvoima, jotta kiinnikkeet eivät väännä tai leikkaudu kokonaan.

#### 3.1 Vakavuutta parantavat kuormitukset

Kattorakenteen stabiliteetin kannalta omapaino ja lumikuormat ovat edullisia kuormituksia, sillä ne pyrkivät painamaan ristikkoo tiukemmin kohti runkorakenteita. Tavallisella symmetrisellä harjakatolla omapaino ei aiheuta vaakavoimia, mutta joissakin tapauksissa pulpettikattoisessa rakennuksessa ja rankarakenteisissa suurissa halleissa voi syntyä pieniä vaakavoimia kiinnikkeisiin. Pientaloissa voimat ovat kuitenkin huomattavan pieniä, joten niitä ei laskennassa huomioida. Lumikuormat voivat kertyä yllättävänkin suuriksi, joten ristikoiden nurjahdus- ja sivuttaistuentaan on kiinnitettävä erityistä huomiota. Tämän vuoksi ristikkosuunnittelija tekeekin työmaalle ohjeet sivusuunnassa tuettavista sauvoista ja paarteista.

Stabiloivat kuormitukset lieventävät tuulen aiheuttamaa kuormitusta kiinnikkeisiin, joten kuormat kerrotaan laskentavaiheessa pienennyskertoimella. Liitos tulee mitoittaa niin, että se pitää myös pahimmassa mahdollisessa tapauksessa. Tällainen tilanne on esimerkiksi silloin, kun ristikot on asennettu ja niiden päälle on kiinnitetty aluskate. Aluskate toimii tällöin purjeen lailla eikä katolla ole juurikaan omapainoa pitämässä sitä paikallaan. Laskenta on siis varmallalla puolella, kun stabiloivat kuormat kerrotaan pienennyskertoimella.

### 3.2 Vakavuutta heikentävät kuormitukset

Jotta ristikot pysyisivät oikealla paikallaan myös rakentamisvaiheessa ilman omapainon vaikutusta, pitää ne kiinnittää mitoittavan kuormitustapauksen mukaisesti. Tuulikuormitukset pyrkivät irrottamaan ja nostamaan ristikkoa ylös, joten kiinnikkeiden tulee kestää sekä vetoa että leikkausta. Tuulikuormitus onkin suurin vaikuttava tekijä liittimiä mitoitettaessa.

On myös harvinaisia tilanteita, jolloin kuormitustapaukset voivat muuttua oletetusta lähtötilanteesta päinvastaiseksi. Lumikuorma ajatellaan stabiloivaksi kuormitukseksi, mutta joissakin tilanteissa, esimerkiksi pitkissä ulokkeissa tai lumenpoiston aikana, voi kuormitus aiheuttaa rakenteen toisella reunalla nostetta. Tällaiset tapaukset ovat kuitenkin niin harvinaisia, että niitä ei oteta laskennassa huomioon. Tuulikuormitus aiheuttaa joissain tapauksissa myös horisontaalista puristavaa voimaa ristikolla. Tätä ei kuitenkaan tarkastella tässä opinnäytetyössä, sillä vaakavoima on tyypillisempää rankarakenteisille halleille, joissa jäykistäviä seiniä on vähemmän kuin pientaloissa. Tällöin vaakavoimat siirtyvät väliseinien sijaan hallin ulkoseinille ja aiheuttavat kattoristikoiden liittimiin vaakavoimia.

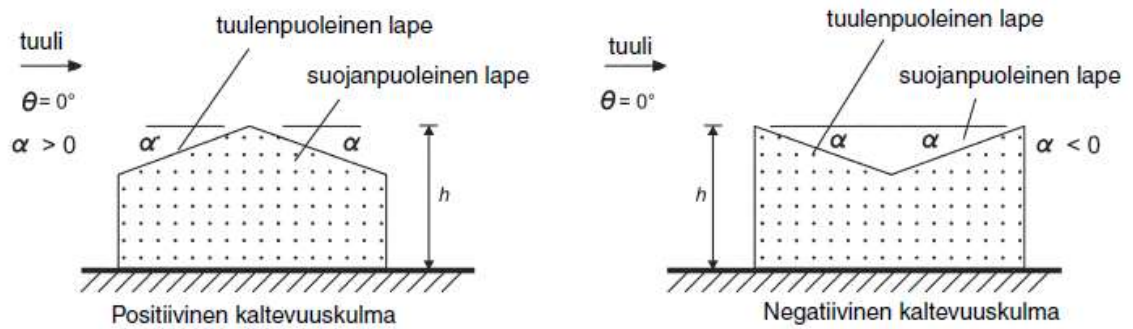
## 4 TUULIMITOITUS

NR-ristikko kantaa kattorakenteen omapainon sekä vesikaton lumikuormat rakennuksen rungolle ja liitoksen kiinnitystä ajatellessa kuormat ovat edullisia. Epäedullinen kuormitus on kuitenkin tuuli, joka pyrkii kaatamaan ja nostamaan ristikot ja koko kattorakenteen irti rakennuksen rungosta. Mitä suurempi ja korkeampi rakennus on kyseessä, sitä suuremman tuulipinta-alan se muodostaa ja näin ollen on alttiina ylöspäin suuntautuville voimille.

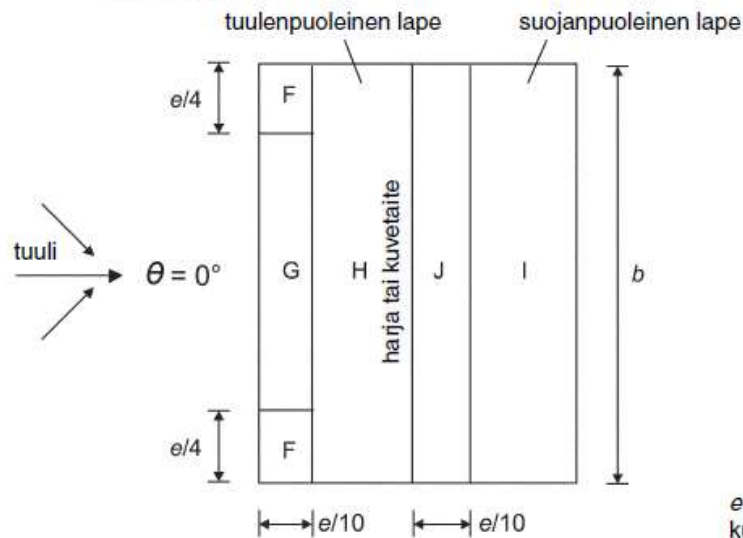
Kaikilla kattotyypeillä yhteisiä kuormitukseen vaikuttavia tekijöitä ovat rakennuksen sijainti eli maastoluokka, rakenneosan korkeus sekä rakennuksen geometria. Suurin osa NR-ristikon kannattelemaasta kuormituksesta on lumikuormaa, mutta koska se on kiinnitystä mitoitettaessa edullinen kuormitus, sitä ei oteta huomioon. Kattoristikon kiinnityksen kannalta kriittisin vaihe on silloin, kun tuuli puhaltaa voimakkaimmin ja katolla ei ole ylimääräistä muuttuvaa kuormaa. Laskentapohja mitoittaa liitoksen ottaen huomioon kattorakenteen omapainon sekä tuulikuormitukset. Rakennesuunnittelijan tulee tarvittaessa tarkastella mainoskylttien, kattovarusteiden ym. vaikutukset rasituksiin tapauskohtaisesti.

### 4.1 Harjakaton painekertoimet

Yksittäisiä rakenneosia mitoitettaessa tuulikuormitukset lasketaan painekertoimia käyttäen. Eurokoodin mukaan rakennuksen katto jaetaan vyöhykkeisiin, joiden painekertoimet (Kuvat 4 ja 5) määräytyvät vyöhykkeen koon ja kattokulman mukaan. Harjakatto on useimmiten symmetrinen, joten samaa kiinnitystapaa käytetään ristikon molemmissa päissä. Katon eri vyöhykkeet on esitetty kuvassa 3. Ennen voimakertoimien selvittämistä pitää laskea muuttuja  $e$ , joka on pienempi arvoista  $b$  tai  $2h$ . Kerroin  $e$  vaikuttaa vyöhykkeiden mittoihin ja siten myös pinta-aloihin.

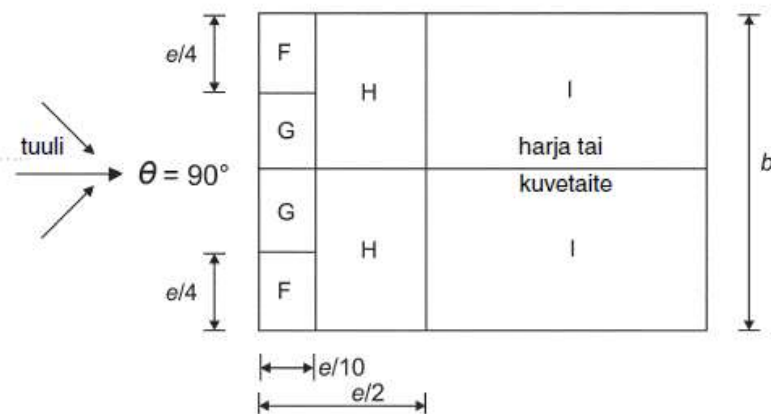


(a) Sivupiiirros

(b) tuulen suunta  $\theta = 0^\circ$ 

$e = b$  tai  $2h$  sen mukaan,  
kumpi on pienempi

$b$ : tuulelle poikittaissuuntainen  
mitta

(c) tuulen suunta  $\theta = 90^\circ$ 

KUVA 3. Harjakattoja koskeva vyöhykekaavio. (RIL 205-1-2008, kuva 7.8S)

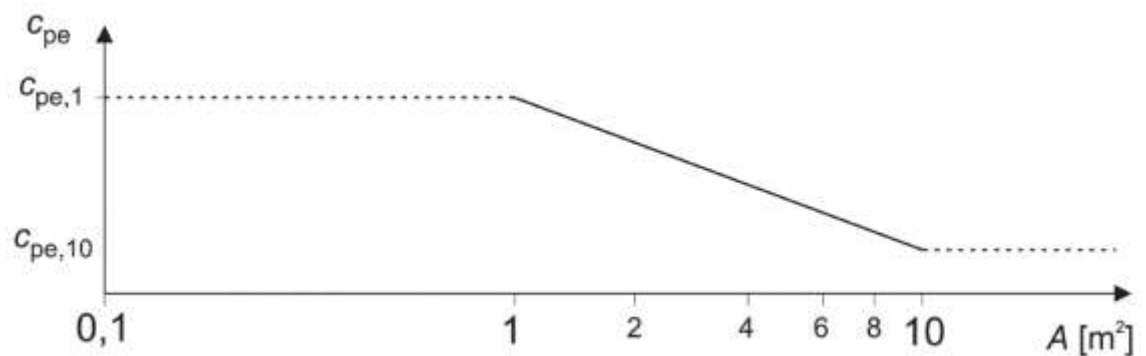
Kaltevuuskulma $\alpha$	Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
$-45^\circ$	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
$-30^\circ$	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
$-15^\circ$	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
$-5^\circ$	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
$5^\circ$	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
	+0,0		+0,0		+0,0				-0,6	
$15^\circ$	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0
$30^\circ$	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	
$45^\circ$	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0	
$60^\circ$	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
$75^\circ$	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

KUVA 4. Ulkopuolisen paineen kertoimien suositusarvot harjakatoille. (RIL 205-1-2008, taulukko 7.4a)

Kaltevuuskulma $\alpha$	Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
$-45^\circ$	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
$-30^\circ$	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
$-15^\circ$	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
$-5^\circ$	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
$5^\circ$	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	
$15^\circ$	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
$30^\circ$	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
$45^\circ$	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
$60^\circ$	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
$75^\circ$	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

KUVA 5. Ulkopuolisen paineen kertoimien suositusarvot harjakatoille. (RIL 205-1-2008, taulukko 7.4b)

Kattokaltevuuden mukaan vaihtuvat kertoimien arvot interpoloidaan lineaarisesti ja vyöhykkeen pinta-alasta muuttuvat kertoimet logaritmisesti kuvan 6 mukaisesti.



KUVA 6. Logaritmisien interpoloinnin kuvaaja. (RIL 205-1-2008, kuva 7.2)

Kuvaaja perustuu seuraavaan logaritmiseen interpolaatioon.

$$C_{pe} = C_{pe,1} - (C_{pe,1} - C_{pe,10}) \cdot \log_{10} A$$

,jossa

$C_{pe}$  on ulkopuolisen paineen kerroin

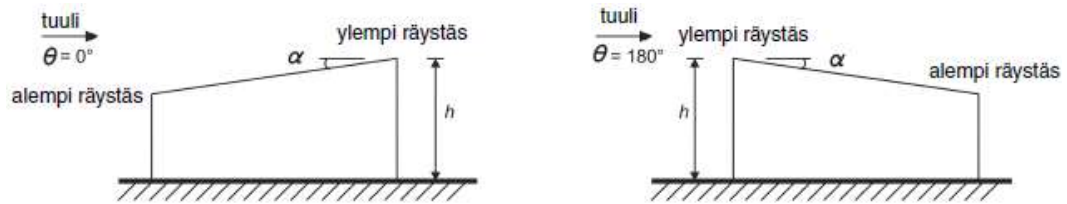
$A$  on vyöhykkeen pinta-ala.

Painekertoimen avulla lasketaan ristikköä kohti aiheutuva tuulen aiheuttama voima. Voima jaetaan Y- ja X-suuntaiseen komponenttiin, joiden avulla mitoitetaan tarvittavat kiinnikkeet.

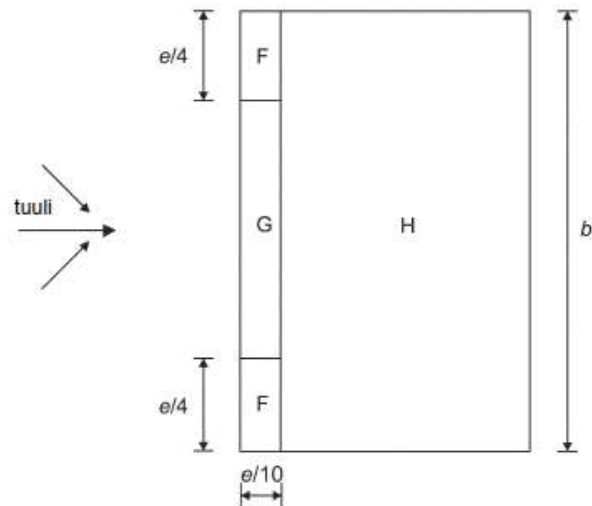
## 4.2 Pulpettikaton painekertoimet

Pulpettikaton rakenne poikkeaa harjakatosta geometrialtaan, joten ristikon toinen reuna voi olla huomattavasti suuremman rasituksen alla. Jos erot reunojen välillä ovat suuret, on järkevää harkita erilaisten kiinnikkeiden käyttöä eri puolilla rakennusta.

Katon eri vyöhykkeet on esitetty kuvassa 7. Ennen voimakertoimien selvittämistä pitää laskea muuttuja  $e$ , joka on pienempi arvoista  $b$  tai  $2h$ . Kerroin  $e$  vaikuttaa vyöhykkeiden mittoihin ja siten myös pinta-aloihin.

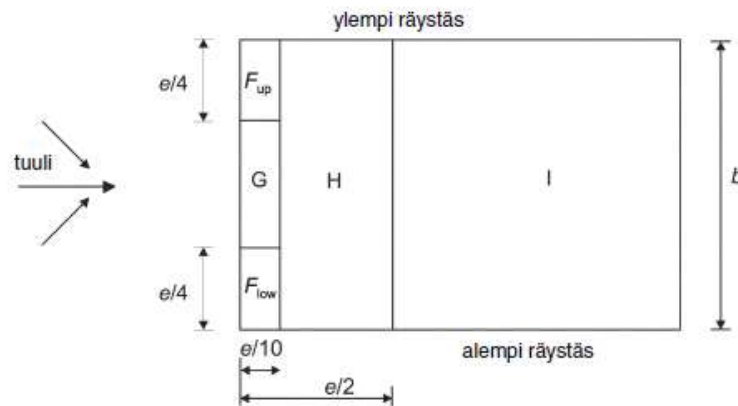


(a) Sivupiiirros

(b) tuulen suunnat  $\theta = 0^\circ$  ja  $\theta = 180^\circ$ 

$e = b$  tai  $2h$  sen mukaan,  
kumpi on pienempi

$b$ : tuulelle poikittais-  
suuntainen mitta

(c) tuulen suunta  $\theta = 0^\circ$ 

KUVA 7. Pulttikattoja koskeva vyöhykekaavio. (RIL 205-1-2008, kuva 7.7)

Katon vyöhykkeiden voimakertoimien arvot saadaan kuvien 8 ja 9 taulukoista, kun tiedetään vyöhykkeen koko sekä kattokaltevuus. Koska katto ei ole symmetrinen, vaikuttaa tuulen suunta kertoimiin eri tavalla.



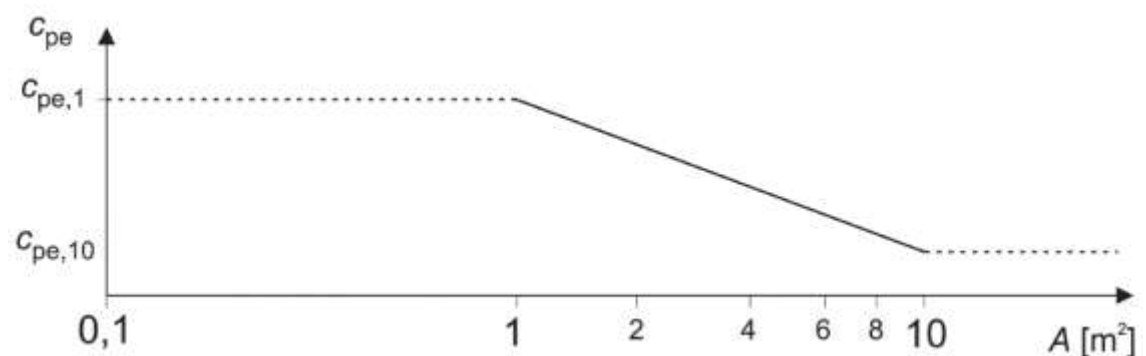
Kaltevuus- kulma $\alpha$	Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 0^\circ$						Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		+0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	
	+0,7		+0,7		+0,4							
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,6	-1,3	-0,5		-0,7	
	+0,7		+0,7		+0,6							
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	

KUVA 8. Ulkopuolisen paineen kertoimien suositusarvot pulpettikatoille. (RIL 205-1-2008, taulukko 7.3)

Kaltevuus-kulma $\alpha$	Vyöhyke, kun tuulen suunta $\theta = 90^\circ$									
	$F_{sp}$		$F_{low}$		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2
30°	-2,1	-2,9	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2
45°	-1,5	-2,4	-1,3	-2,0	-1,4	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
60°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,7	-1,2
75°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,5	

KUVA 9. Ulkopuolisen paineen kertoimien suositusarvot pulpettikatoille. (RIL 205-1-2008, taulukko 7.3)

Kattokaltevuuden mukaan vaihtuvat kertoimien arvot interpoloidaan lineaarisesti ja vyöhykkeen pinta-alasta muuttuvat kertoimet logaritmisesti kuvan 10 mukaisesti.



KUVA 10. Logaritmisen interpoloinnin kuvaaja. (RIL 205-1-2008, kuva 7.2)

Kuvaaja perustuu seuraavaan logaritmiseen interpolaatioon.

$$C_{pe} = C_{pe,1} - (C_{pe,1} - C_{pe,10}) \cdot \log_{10} A$$

,jossa

$C_{pe}$  on ulkopuolisen paineen kerroin

$A$  on vyöhykkeen pinta-ala.

Painekertoimen avulla lasketaan ristikko kohti aiheutuva tuulen aiheuttama voima. Voima jaetaan Y- ja X-suuntaiseen komponenttiin, joiden avulla mitoitetaan tarvittavat kiinnikkeet.

### 4.3 Avoimen katoksen painekertoimet

Tavanomainen pientalon katettu terassi on avoin katos, eli tuuli pääsee puhaltamaan vapaasti tai lähes vapaasti sen lävitse. Kattorakenteeseen vaikuttavat painekertoimet muuttuvat kattokaltevuuden ja katoksen avoimuuden mukaan. Kun katos on vain kolmelta seinältä täysin tai osittain avoin, käytettävät voimakertoimet vähenevät lopulta yhteen vaihtoehtoon. Tällöin laskenta tapahtuu vaarallisimman tapauksen mukaan, eli tulokset ovat varmalla puolella.

### 4.4 Tuulen nopeuspaine

Eurokoodissa on tuulen nopeuspaineelle käyrästä, jolta voi lukea kussakin maastoluokassa vallitsevan tuulen nopeuspaineen halutulla korkeudella. Käyrästä on kuitenkin tulkinnanvaraa eikä se ole täysin yksiselitteinen. Laskentapohjan kannalta käyrästä luku ei helpottaisi suunnittelijan työtä, mutta Eurokoodista löytyy myös käyrästä kuvaajia vastaavat laskentakaavat (Kaava 1). Kaavat ovat työläitä käyttää, mutta laskentapohjaan syötettynä helpottavat käyttäjän työtä ja antavat yksiselitteisen tuloksen ilman tulkinnanvaraa.

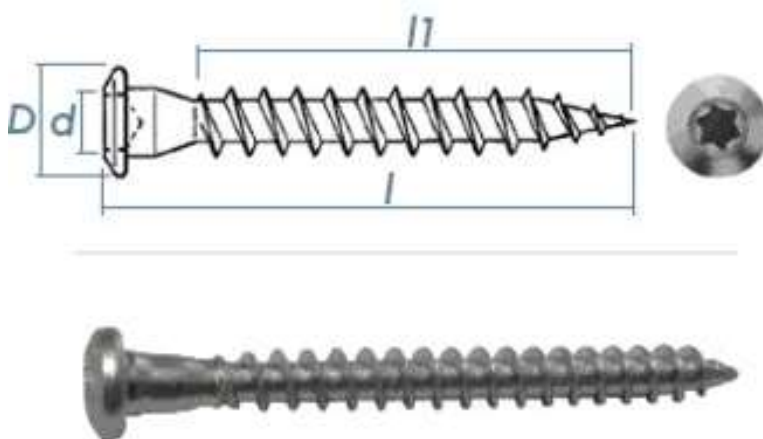
$$q_{p0}(z) = \left\{ \begin{array}{l} 0,00893 \cdot \left[ \left( \frac{\max(1,z)}{0,003} \right) \right]^2 + 0,0625 \cdot \ln \left( \frac{\max(1,z)}{0,003} \right), \text{maastoluokassa } 0 \\ 0,00794 \cdot \left[ \left( \frac{\max(1,z)}{0,01} \right) \right]^2 + 0,0556 \cdot \ln \left( \frac{\max(1,z)}{0,01} \right), \text{maastoluokassa } I \\ 0,00995 \cdot \left[ \left( \frac{\max(1,z)}{0,05} \right) \right]^2 + 0,0697 \cdot \ln \left( \frac{\max(2,z)}{0,005} \right), \text{maastoluokassa } II \\ 0,01279 \cdot \left[ \left( \frac{\max(1,z)}{0,3} \right) \right]^2 + 0,0895 \cdot \ln \left( \frac{\max(5,z)}{0,3} \right), \text{maastoluokassa } III \\ 0,01513 \cdot \left[ \left( \frac{\max(1,z)}{1,0} \right) \right]^2 + 0,1059 \cdot \ln \left( \frac{\max(10,z)}{1,0} \right), \text{maastoluokassa } IV \end{array} \right\} \quad (1)$$

## 5 KIINNIKETYYPIT

Laskentapohjan valikoimassa olevat kiinnikkeet ovat Simpson StrongTie-tuoteluettelosta, jossa niille on annettu Eurokoodi 5:n mukaiset kestävyysluokat. Kaikki kiinnikkeet ovat CE-merkittyjä, joten niiden käyttö kaikissa rakennuskohteissa on turvallista ja suunnittelija tietää käyttävänsä asianmukaista kiinnikettä. CE-merkintä osoittaa, että tuote täyttää harmonisoitujen eurooppalaisten standardien vaatimukset tai on saanut EU:n hyväksynnän. Tämä siis tarkoittaa, että tuote täyttää kyseisen tuotedirektiivin vaatimukset. (Simpson StrongTie)

### 5.1 Ruuvit

CSA-naulauslevyruuvit ovat erityisesti metallikiinnikkeiden puuhun kiinnittämiseen suunniteltuja ja muotoiltu niin, että kannan alapuolinen sileä osa sopii teräskiinnikkeen reikään hyvin. Koska sileä osa istuu hyvin teräsosan reikään, liitoksesta tulee jäykempi ja kestävämpi kuin tavallisia ruuveja käytettäessä. (Simpson StrongTie)



KUVA 11. CSA-naulauslevyruuvi (Simpson)

## 5.2 Naulat

CNA-naulauslevynaulat on kehitelty teräksisten kiinnikkeiden kiinnittämiseksi puuhun. Niiden varsi on vastarihlattu, joten ne tarttuvat puuhun huomattavasti paremmin sileään naulaan verrattuna. Naulan pää on myös muotoiltu niin, että se sopii teräskiinnikkeen täydellisesti. (Simpson StrongTie)



KUVA 12. CNA-naulauslevynauloja (Simpson)

### 5.3 Kulmalevyt

Kulmalevyjä käytetään kantavien puurakenteiden liitoksissa ja ne ovat vahvistamattomia tai keski- tai reunavahvistettuja. Teräslaatussa kiinnikkeissä on S250GD tai S235JR, joitakin malleja voidaan valmistaa myös ruostumattomasta teräksestä. Pääasiallisesti kulmalevyt ovat kuitenkin sähkösinkittyä terästä. Kulmalevyt on suunniteltu käytettäväksi CSA-ruuvien tai CNA-naulojen kanssa.

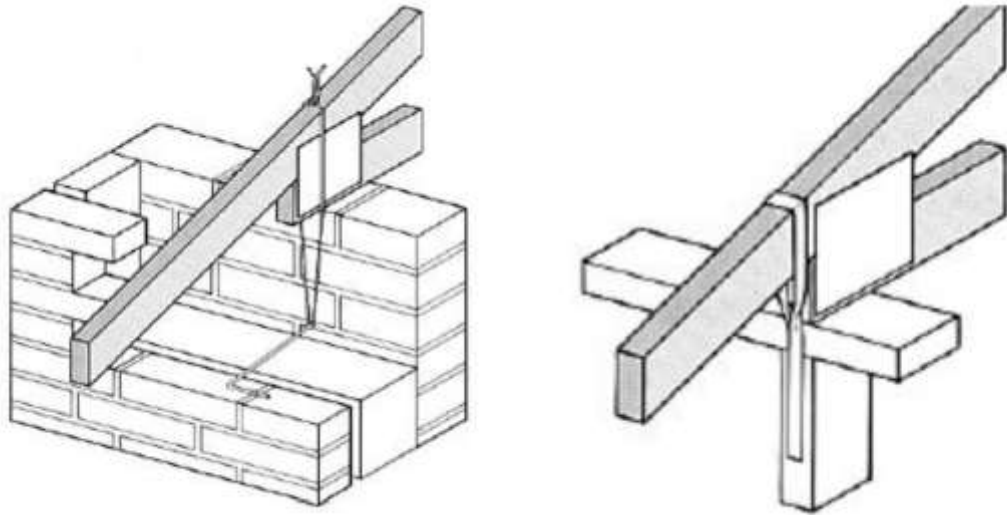
Laskentapohjaan on valittu sekä vahvistamattomia että keskivahvistettuja kulmalevyjä joiden koko ja kiinnitysreikien lukumäärä vaihtelee. Valmistaja on antanut jokaiselle kulmalevyille ohjeet minimikiinnityksestä, eli montako kiinnikettä siihen tulee vähintään asentaa.



KUVA 13. Vahvistamaton sekä vahvistettu kulmalevy (Simpson)

#### 5.4 Vanhat kiinniketyypit

Ennen kulmalevyjen käyttöä ristikot kiinnitettiin usein teräslangalla tai –vanteella. Kuten kuvassa 14 näkyy, teräsnauha kierrettiin yläpaarteen yli ja se kiinnitettiin runkoon joko ruuvaamalla tai naulaamalla. Teräslankaa käytettiin tiiliseinissä, jonka sisään se muurattiin ja langan päät kierrettiin yläpaarteen päälle solmuun.



KUVA 14. Teräslanka ja -nauhakiinnityksen periaatekuvat (RT 85-10495)

## 6 KIINNIKKEIDEN MITOITUS

Valmistaja on antanut kiinnikkeilleen Eurokoodi 5:n mukaiset kestävyys ominaisarvot. Laskentapohja mitoittaa liitokset naulojen ja ruuvien kestävyys mukaan, sillä kiinnikkeiden lukumäärä vaikuttaa huomattavasti liitoksen kestävyys.

Tuoteluettelossaan valmistaja on ilmoittanut ruuveille ja nautoille sekä horisontaalisen että aksiaalisen kestävyys. Laskentapohja huomioi rakennuksen kattokaltevuuden sekä ristikon kannan korkeuden, jonka jälkeen se laskee liitoksessa vaikuttavan horisontaalisen ja aksiaalisen voiman.

Kaikki tuoteluettelon arvot ovat ominaisarvoja, joiden avulla kestävyys mitoitusarvo määritellään yhtälöllä 2.

$$R_{i,d} = k_{mod} \cdot \frac{R_k}{\gamma_M} \quad (2)$$

jossa

$R_k$  on kestävyys ominaisarvo, eli taulukkoarvo.

$\gamma_M$  on materiaalin osavarmuusluku

$k_{mod}$  on kuorman keston ja kosteuden huomioiva muunnoskerroin.

CNA-nauloilla ja CSA-ruuveilla lujuuslaskennan yhdistetty kuormitus lasketaan kaavalla 3.

$$\left( \frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}} \right)^2 + \left( \frac{F_{lat,d}}{R_{lat,d}} \right)^2 \leq 1,0 \quad (3)$$

jossa

$F_{ax}$  on aksiaalinen kuormitus

$F_{lat}$  on poikittainen kuormitus

$R_{ax}$  on aksiaalinen kestävyys

$R_{lat}$  on poikittainen kestävyys



## 7 LASKENTAPOHJA

Laskentapohja soveltuu harja- ja pulpettikatoille sekä rakennuksen kyljessä olevien katon laskentaan. Laskenta antaa tulokseksi kattoristikon tai -vasan kiinnitykseen vaadittavan kiinnikkeen tyypin ja lukumäärän sekä kulmalevyn.

Laskentapohja on tehty Microsoft Excel-taulukkolaskentaohjelmalla hyödyntäen makroja sekä VBA -ohjelmointia. Makrojen tulee olla käytössä, jotta laskentapohja toimii oikein. Ulkoasultaan laskentapohja vastaa tilaajayrityksen ohjeita värejä myöden.

Laskentapohja kiinnikkeiden laskenta perustuu Simpsonin kiinnikkeisiin ja niille ilmoitettuun kestävyysarvoihin. Tuulikuormitusten laskenta tehdään Eurokoodi 1:n ohjeiden mukaisesti.

Tulostesivulle laskentapohja antaa kohteen lähtötiedot, kuten ristikko- tai vasajaon, tuulenpaineen laskenta-arvon sekä kattorakenteen omapainon. Käyttäjälle kerrotaan myös mitoittava kuormitusalue sekä siinä vaikuttavat voimat. Tärkeimpänä tietona tulostesivulla näkyy valitut kiinnikkeet lisätietoineen.

### 7.1 Laskentapohjan yleistyksiset

Laskentapohjaan on valittu kattotyypeiksi vain pulpetti- ja harjakatto sekä kattovasan kiinnitys laskentapohjan yksinkertaistamiseksi. Ne ovat myös pientaloja suunniteltaessa yleisimmät rakennetyypit, joten ylimääräisten vaihtoehtojen lisäystä ei tässä vaiheessa nähty tarpeelliseksi. Laskentapohjan on tarkoitus olla helppo ja nopea käyttää, joten ylimääräisiä valintoja ei tarvita.

Laskentapohjan valikoimassa on vain teräsosakiinnikkeitä valmistavan Simpsonin kulmalevyjä ja kiinnikkeitä, joten suunnittelijan on tapauskohtaisesti mietittävä käyttääkö Simpsonin tuotetta vai jotakin vastaavaa. Laskentapohjan tulokset ovat voimassa vain silloin, kun kiinnikkeillä kiinnitetään puurakenteita puuhun.

## 7.2 Lähtötiedot

Laskentapohjan ensimmäisellä sivulla valitaan haluttu laskentatapa kolmesta vaihtoehdosta. Laskentapohja siirtyy seuraavalle välilehdelle, jossa punaisella merkittyihin soluihin kirjoitetaan projektin nimi sekä numero. Tiedot päivittyvät automaattisesti tulostesivulle, kun ne on täytetty lähtötietoihin. Harja- ja pulpettikattojen laskenta ei eroa lähtötietojen syöttövaiheessa toisistaan, mutta kattovasan laskennassa valintoja on hie-  
man vähemmän.

### 7.2.1 Harja- ja pulpettikatto

Harja- ja pulpettikaton tapauksessa seuraava täytettävä kohta on kattokaltevuus, joka tulee syöttää joko suhdelukuna tai asteina. Kun kaltevuuden ilmoittaa suhdelukuna, laskentapohja laskee asteluvun seuraavaan soluun. Astelukua tarvitaan kaikissa Eurokoodin mukaisissa laskelmissa, joihin kattokaltevuus liittyy.

Kaltevuuden jälkeen käyttäjän tulee valita alavetovalikosta maastoluokka, jolla rakennus sijaitsee. Maastoluokat lajitellaan viiteen eri tasoon, joista ensimmäinen tarkoittaa avomerta tai rannikkoa ja viimeinen yhtenäistä laajaa kaupunkialuetta. Seuraavassa solussa syötetään laskettavan rakenneosan korkeusasema maan pinnasta. Maastoluokka vaikuttaa tuulen nopeuspaineen ominais- ja laskenta-arvoon ja sitä kautta myös vyöhykkeiden kertoimiin.

Seuraavaksi käyttäjä syöttää soluihin rakennuksen geometriatietoja, kuten leveyden ja pituuden, kattoristikon kannan korkeuden ja ristikkojaon sekä räystään pituuden. Näillä tiedoilla laskentapohja laskee kaikkien katolla olevien vyöhykkeiden mitat sekä pinta-alan ja interpoloi logaritmisesti voimakertoimen kattokaltevuuden mukaan kullekin katon vyöhykkeelle. Kun kaikki lähtötiedot on syötetty, laskentapohja laskee vyöhykkeiden perusteella ristikon kiinnityspisteessä vallitsevat X- ja Y-akselin suuntaiset voimat.

Viimeisenä syötettävänä tietona on kattorakenteen omapaino, joka pienentää tuulen nosteen aiheuttamaa voimaa rakenteen kiinnityspisteessä. Laskentapohjassa on omapainolaskuri, josta käyttäjä voi valita kohteen rakennekerrokset ja niiden paksuudet sekä puu-

tavaroiden dimensiot. Rakennekerrosten yhteenlaskettu omapaino vähennetään tuulen aiheuttamasta Y-akselin suuntaisesta voimasta.

### 7.2.2 Kattovasa

Kattovasan kiinnityksen lähtötiedot ovat kattokaltevuuden sekä maastoluokan ja rakeneosan korkeuden suhteen samanlaiset kuin harja- ja pulpettikaton laskennassa. Syötettäviä arvoja on kuitenkin hieman vähemmän, sillä katolle ei lasketa erikseen vyöhykkeitä. Kaikki katon alueet lasketaan pahimman kuormituksen mukaan, jolloin vyöhykkeitä ja interpolointia ei tarvita. Käyttäjän tulee syöttää kattovasan dimensiot, eli leveys, korkeus ja pituus sekä niiden lisäksi haluttu jakoväli.

Kuten harja- ja pulpettikatoillakin, välilehdeltä löytyy omapainolaskuri jolla voi laskea katoksen rakenteen pysyvän kuorman. Kun lähtötiedot on syötetty, käyttäjä pääsee painiketta napauttamalla kiinnikkeen valintaan, joka on samanlainen kuin harja- ja pulpettikaton tapauksessa.

## 7.3 Kiinnikkeen valinta

Lähtötietojen syöttämisen jälkeen välilehdellä on painike, jolla pääsee kiinnikkeen valintaan. Samalla välilehdellä on harja- ja pulpettikaton kiinnikkeen valintamahdollisuus, mutta vain toisessa niistä on laskettuna liitoksessa vallitsevat voimat kullekin vyöhykkeelle. Laskentapohja näyttää suunnittelijalle kaikki eri vyöhyketapaukset ja niissä vallitsevat voimat, vaikka laskenta tapahtuukin pahimman tapauksen mukaisesti. Suunnittelija voi oman harkintansa ja liitoksissa olevien voimien mukaan esimerkiksi vähentää kiinnikemäärää muilla kuin mitoittavalla vyöhykkeellä.

Käyttäjä valitsee ensimmäisenä alasvetovalikosta haluamansa kulmalevyn. Laskentapohja hakee taulukoista kyseisen kulmalevyn tiedot, eli mitat ja valmistajan ilmoittamat kiinnikkeiden enimmäis- ja vähimmäismäärät. Toisesta alasvetovalikosta voi valita haluaako liitokseen yhden vai kaksi kulmalevyä. Jos haluttu kiinnikemäärä ei mahdu yhteen kulmalevyyn tai liitoksessa on suuret voimat, voi kaksi kulmalevyä tulla tarpeeseen. Kolmannesta alasvetovalikosta käyttäjä voi valita haluamansa kiinnikkeen, eli

naula- tai ruuvityypin. Ne ovat valikossa lajiteltuna koon mukaan muodossa halkaisija x pituus.

Valintojen jälkeen käyttäjän tulee painaa painiketta ”Nollaa”, joka asettaa ruuvien määrälle karkean arvion. Kun arvio on asetettu, näkyy kunkin vyöhykkeen kohdalla kiinnikkeiden käyttöaste joko vihreällä tai punaisella pohjalla. Jos käyttöasteet ylittävät arvon yksi, ovat kyseiset solut punaisia. Tällöin käyttäjän tulee painaa ”Päivitä”-painiketta, jolloin laskentapohja lisää yhden kiinnikkeen kulmalevyn runkoon liittyvään osaan ja tarkistaa käyttöasteen uudelleen. Jos käyttöaste ei vielä ole sallitulla puolella, laskentapohja lisää yhden kiinnikkeen kulmalevyn ristikkoon liittyvään osaan. Laskenta tapahtuu VBA- ohjelmoinnin avulla ja sitä jatkuu niin kauan, että käyttöaste on sallituissa rajoissa.

Kun laskenta on valmis ja käyttöasteet alle yhden, laskentapohja kertoo tarvittavan kiinnikemäärän. Jos käyttäjä on valinnut vain yhden kulmalevyn, mutta tarvittava kiinnikemäärä ei mahdu kulmalevyyn, tulee käyttäjälle virheilmoitus jossa kehoitetaan vaihtamaan kiinniketyyppiä suurempaan vai lisäämään toinen kulmarauta. Kun kaikki on kunnossa, käyttäjä näkee vain vihreällä pohjalla olevia soluja sekä liitoksissa tarvittavat kiinnikemäärät.

## 7.4 Tuloste

Käyttäjä pääsee tulostuspainikkeella seuraavalle välilehdelle, kun kaikki laskennan tarvittavat vaiheet on käyty läpi. Tulostusvälilehdelle on koottu laskennan tärkeimmät lähtötiedot ja mitoittavalla vyöhykkeellä vallitsevat X- ja Y-suuntaiset voimat. Laskentapohja näyttää myös mitoittavan vyöhykkeen muita mahdollisia rakenteellisia tarkistuksia varten. Tulostesivulle näkyy myös tärkeimmät, eli valitun kulmalevyn sekä kiinniketyypin dimensioineen ja lukumäärineen.

Tulosteessa näkyy myös laskennan perusteena olleet Eurokoodit sekä kiinnikkeiden lähtötietojen perusta. Sivun alta löytyy Tulosta-painike, jota painamalla Excel tulostaa valmiiksi määritellyn laskelmasivun käyttäjälle.

## 8 LASKENTAESIMERKKI

Esimerkissä lasketaan tavallisen pientalon NR-harjaristikon kiinnitykseen vaadittavat kiinnikkeet. Rakennuksen pituus on 13 metriä ja leveys 9 metriä. Kyseessä on tavallinen yksikerroksinen talo, joten liitoksen korkeudeksi syötetään 3 metriä. Kattokaltevuudeksi valitaan 1:2.5 eli noin 20 astetta. Oletetaan rakennuksen sijaitsevan esikaupunkialueella, joten maastoluokka on III. Ristikon kannan korkeus on 800 mm, ristikkojako 900 mm ja räystäään vaakamitta 850 mm. Syöttönäkymä esitettynä kuvassa 15.

Kattokaltevuus suhdelukuna 1:X	▼	2,5
Kattokaltevuus	▼	21,8°
Maastoluokka	▼	III ▼
Rakenneosan korkeus	▼	5,0m
Nopeuspaineen laskenta-arvo	▼	0,53kN/m <sup>2</sup>
Rakennuksen leveys	▼	9,0m
Rakennuksen pituus	▼	13,0m
Ristikon kannan korkeus	▼	800,0mm
Ristikkojako k/k	▼	900,0mm
Räystäään mitta	▼	850,0mm
Lappeen pituus		5,8m

KUVA 15. Lähtötietojen syöttö

Seuraavaksi valitaan kattorakenteen omapaino. Oletetaan rakennuksessa olevan huopakatto, jolloin rakennekerroksiksi valitaan huopa ja aluhuopa, umpilaudoitus, sisäkaton koolaus ja panelointi sekä 400 mm puhallusvillaa. Omapainolaskurin toimintaperiaate selviää kuvasta 16.



Valitse kulmalevy		Keskivahvistettu ABR 105	Yksi liitosta kohden	
Kulmalevyn vähimmäiskiinnitys	6	+	6	kpl
Kulmaraudan enimmäiskiinnitys	14	+	10	kpl
Valitse kiinnike		Naula CHA 3,1 x 40		
1	Vaadittu kiinnikkeiden lukumäärä liitoksessa	11	+	7 kpl
2	Vaadittu kiinnikkeiden lukumäärä liitoksessa	11	+	7 kpl
3	Vaadittu kiinnikkeiden lukumäärä liitoksessa	21	+	11 kpl
4	Vaadittu kiinnikkeiden lukumäärä liitoksessa	6	+	6 kpl
5	Vaadittu kiinnikkeiden lukumäärä liitoksessa	6	+	6 kpl
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="background-color: cyan; padding: 5px;">NOLLAA</div> <div style="background-color: green; padding: 5px;">0,82 OK</div> </div>				
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="background-color: cyan; padding: 5px;">PÄIVITÄ</div> <div style="background-color: green; padding: 5px;">0,88 OK</div> </div>				
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="background-color: green; padding: 5px;">0,85 OK</div> <div style="background-color: green; padding: 5px;">0,33 OK</div> </div>				
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="background-color: green; padding: 5px;">0,06 OK</div> <div style="background-color: red; padding: 5px;">VAINDA KIINNIKETTÄ TAI KULMALEVYÄ VAADITTU NAULAMÄÄRÄ EI MAHDU KULMALEVYYN</div> </div>				
<div style="background-color: gray; padding: 10px; display: inline-block;">Tulostus</div>				

KUVA 17. Kiinnikkeiden valintanäkymä

Jos käyttäjä on valinnut liian pienen kiinnikkeen, vaadittava kiinnikemäärä mahdu ei kulmalevyyn. Tällöin laskentapohja ilmoittaa tästä ja kehottaa vaihtamaan kulmalevyä tai kiinnikettä. Lopuksi siirrytään tulostus-välilehdelle, jossa näkyy yhteenvetona laskennan tulokset. Tulostusnäkymä on liitteessä 2.

## 9 JATKOKEHITYS

Laskentapohjaa on mahdollista jatkokehittää tarvittaviin kattotyyppeihin sekä erilaisiin kiinnikeratkaisuihin tarvittaessa. Laskentapohjan käyttäjiltä saadun tiedon perusteella laskentapohjaa voidaan muokata paremmin toimivaksi, jotta siitä olisi mahdollisimman paljon hyötyä tilaajayritykselle ja sen rakennesuunnittelijoille.

Koska laskentapohjan tulisi olla mahdollisimman helppoa ja nopea käyttää, sitä varmasti tullaan päivittämään ainakin ulkoasultaan ja painikkeiden toiminnoiltaan suunnittelijoilta saatavien toiveiden mukaiseksi.



## 10 POHDINTA

Laskentapohjaa tehdessä haastavinta oli Excel-ohjelmoinnin opettelu ja saada ohjelma laskemaan tietyt asiat tiettyjen reunaehtojen mukaisesti. Tämä vaati useiden käyttöohjeiden lukemista sekä kokeneemman Excel-osaajan konsultointia ja siltikin laskentapohjaan piti tehdä tiettyjä rajoituksia, jotta siitä ei tulisi liian monimutkainen. Laskentapohja saatiin kuitenkin pidettyä yksinkertaisena ja helppokäyttöisenä, joten sen jatkokehitystä on helppo jatkaa.

Eurokoodin tuulimitoitus voimakertoimiseen aiheutti joitakin vaikeuksia, mutta muuten tuulikuormien laskenta on suhteellisen yksinkertaista. Laskentapohja pyrittiin automatisoimaan mahdollisimman pitkälle annettujen lähtötietojen perusteella ja joihinkin laskennan vaiheisiin joutui paneutumaan tarkemmin, jotta laskentapohja laski oikein.

Laskentapohja soveltuu yksinkertaisten pientalojen kattorakenteiden kiinnityksen laskentaan, kuten oli tarkoituskin. Laskentapohja otetaan aluksi koekäyttöön ja tehdään tarvittaessa muutoksia, jonka jälkeen se helpottaa pientalojen rakennesuunnittelijoiden työtä. Koekäyttäjät käyttävät laskentapohjaa suunnittelutyökalunaan pientaloja suunnitella ja antavat palautetta mahdollisista ongelmista tai kehitysideoista. Kaikki laskentapohjan painikkeet ja toiminnot ovat muokattavissa, joten koekäyttäjiltä saadun palautteen perusteella työtä on helppo muokata paremmaksi ja toimivammaksi. Tavoitteena onkin saada laskentapohja toimimaan mahdollisimman helposti ja nopeasti, jotta sitä tulisi käytettyä kiinnityksiä mietittäessä ja kiinnikkeet olisivat aina oikein mitoitettuja. Näin saadaan säästettyä myös suunnittelijoiden aikaa sekä työmaan kiinnikkeitä. Laskentapohjan avulla kattorakenteet ovat varmasti tarpeeksi kiinnitettyjä, eivätkä ne pääse aiheuttamaan onnettomuuksia tai vaaratilanteita tulevaisuudessa.

Laskentapohjan laajentaminen esimerkiksi hallirakennusten käyttöön on myös mahdollista, jos sellaiselle ilmenee tarvetta. Liitosvoimat oletettavasti suurenevät, joten laskentapohjaan pitäisi lisätä uusia isompia kulmalevyjä.

Tutkimusmenetelmäksi valittu mitoitusmenetelmä oli varmasti ainoa mahdollinen ja työ eteni oletetulla tavalla ja Tampereen ja Helsingin rakennusvalvontaan tehdyt haastattelut tukivat työn teoriaosuutta.

## LÄHTEET

Lauttaniemi.fi. NR-rakenteiden asennus- ja käyttöohjeet. Luettu 20.6.2014.  
<http://www.lauttaniemi.fi/showpage.php?id=12>

Levanto R. rakenneyksikön päällikkö. 2014. Haastattelu 13.6.2014. Haastattelija Jyrki Männistö

Ottman J. rakennustarkastusinsinööri. 2014. Haastattelu 13.6.2014. Haastattelija Jyrki Männistö

Rakentaja.fi. Puisilla kattoristikoidilla kestävä rakenne. 2012. Luettu 20.6.2014.  
[http://www.rakentaja.fi/artikkelit/8094/koskisen\\_ristikot.htm#.U5cxCyhpcWA](http://www.rakentaja.fi/artikkelit/8094/koskisen_ristikot.htm#.U5cxCyhpcWA)

RIL 205-1-2007. 2007. Puurakenteiden suunnitteluohje. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.


RIL 205-1-2008. 2007. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RT 85-10495 Puuristikot ja -kehät. Ohjetiedosto. 1993.

Simpson Strong-Tie Puurakennuskiinnikkeet. C-FI-2011-2012.  
<http://www.strongtie.fi/ref.aspx?id=14401>



## Liite 2. Laskentapohjan tulostesivu

 <p>Hatanpään valtatie 11, FI-33100 Tampere, FINLAND tel. +358 207 392 200, fax +358 207 392 333 http://www.kpmeng.fi</p>	Työn nro	P0071288	Rakennelaskelmat												
	Tekijä	JYM													
	Päiväys	27.8.2014													
	Sisältö	Harjakattorakenteen kiinnitys Rakennuskohde: Männistö opinnäytetyö													
Laskennan perustana EN-SFS-1995-1-1 sekä EN-SFS-1995-1-4															
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Y-suuntainen</th> <th>X-suuntainen</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mitoittava voima ristikossa</td> <td>9,61kN</td> <td>5,98kN</td> </tr> <tr> <td>Mitoittava voima liitoksessa</td> <td>4,81kN</td> <td>2,99kN</td> </tr> <tr> <td>Mitoittava vyöhyke</td> <td colspan="2">F+G+G+F</td> </tr> </tbody> </table>					Y-suuntainen	X-suuntainen	Mitoittava voima ristikossa	9,61kN	5,98kN	Mitoittava voima liitoksessa	4,81kN	2,99kN	Mitoittava vyöhyke	F+G+G+F	
	Y-suuntainen	X-suuntainen													
Mitoittava voima ristikossa	9,61kN	5,98kN													
Mitoittava voima liitoksessa	4,81kN	2,99kN													
Mitoittava vyöhyke	F+G+G+F														
<table border="1"> <tr> <td>Valittu kiinniketyyppi</td> <td>Ruuvi CSA 5,0 x 35</td> </tr> </table>				Valittu kiinniketyyppi	Ruuvi CSA 5,0 x 35										
Valittu kiinniketyyppi	Ruuvi CSA 5,0 x 35														
<table border="1"> <tr> <td>Kiinnikkeiden lukumäärä ristikkoon</td> <td>10kpl</td> </tr> <tr> <td>Kiinnikkeiden lukumäärä runkoon</td> <td>10kpl</td> </tr> </table>				Kiinnikkeiden lukumäärä ristikkoon	10kpl	Kiinnikkeiden lukumäärä runkoon	10kpl								
Kiinnikkeiden lukumäärä ristikkoon	10kpl														
Kiinnikkeiden lukumäärä runkoon	10kpl														
<table border="1"> <tr> <td>Valittu kulmarauta</td> <td>Keskivahvistettu ABR90</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Yksi liitosta kohden</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Mitta A 90mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Mitta B 90mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Mitta C 65mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Paksuus t 2,5mm</td> </tr> </table>				Valittu kulmarauta	Keskivahvistettu ABR90		Yksi liitosta kohden		Mitta A 90mm		Mitta B 90mm		Mitta C 65mm		Paksuus t 2,5mm
Valittu kulmarauta	Keskivahvistettu ABR90														
	Yksi liitosta kohden														
	Mitta A 90mm														
	Mitta B 90mm														
	Mitta C 65mm														
	Paksuus t 2,5mm														
<table border="1"> <tr> <td>Ristikkojako</td> <td>900mm</td> </tr> <tr> <td>Kattorakenteen omapaino</td> <td>0,31kN/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Nopeuspaineen laskenta-arvo</td> <td>0,98kN/m<sup>2</sup></td> </tr> </table>				Ristikkojako	900mm	Kattorakenteen omapaino	0,31kN/m <sup>2</sup>	Nopeuspaineen laskenta-arvo	0,98kN/m <sup>2</sup>						
Ristikkojako	900mm														
Kattorakenteen omapaino	0,31kN/m <sup>2</sup>														
Nopeuspaineen laskenta-arvo	0,98kN/m <sup>2</sup>														
<p>Laskentapohjan tulokset pohjautuvat Simpson StrongTie-tuoteluetteloon. Valittavat kiinnikkeet ja kulmalevyt löytyvät Simpsonin valikoimasta.</p> <p>Laskentatulokset ovat voimassa vain silloin, kun tuulennopeuden perusarvo on alle 21 m/s.</p>															

KUVA 19. Esimerkkituloste